

PSVI-16

都市地下空間開発における地下水環境の保全・管理

埼玉大学 工学部

佐藤邦明

都市地下空間活用研究会

西 淳二

(株) 間組技術研究所

草深守人

1. まえがき

今日、わが国では内需主導型経済への転換、社会基盤の整備・充実へ向けて豊かで安全な質の高い国土づくりが進められつつある。特に国土の有効利用に加えて新しい空間として地下空間の開発・利用が脚光を浴び、とりわけ大都市における地価高騰、都市機能・施設の過密化及び再開発による都市の活性化への期待等から、都市地下空間に熱い目が注がれている。都市地下空間の開発を進めるに当たっては、自然環境の保全、都市計画、設計、施工法、防災、施設の管理、運用等のさまざまな段階において、今後解決しなければならない数多くの技術的課題が山積している。このような背景にあって、本論文は都市地下空間に注目し、地下施設の建設時及び完成後の長期における施設周辺と広域の地下水挙動、地下水環境変化と地盤変状、地下空間内の水分管理と地下水の関係等さまざまな地下水に係わる諸問題について整理したものである。

2. 地下空間の建設に伴う地下水環境への影響と保全

地下空間の建設による地下水への影響は、工事中の短期的かつ局所的な水位変化と、完成後除々に顕われる長期的かつ広域な地下水変動とに大別して考えることができよう。

掘削工事中の短期的な地下水への影響の中で最も表面化し易いものは、地下街、ビル地下、地下鉄駅部あるいはシールドトンネルの発進基地となる立

表-1 地下空間と地下水の干渉

坑等の拠点の地下空間の建設に際して発生する。これらの掘削工事は、基本的には地下水に影響を与えない工法が求められるが、施工法、地質条件、掘削深度によっては工事の過程で周囲の地下水を一時的にせよ低下させざるを得ない場合もある。この場合、開削による地下水への影響は模式的に表-1 ①のように現われその予測、評価手法は数値解析や井戸理論等において多くの適用実績がある。

一方、地下空間完成後における長期的な地下水への影響は①トンネル等の線状地下構造物や駅部等の拠点の構造物による遮水効果、②同構造空間内への漏水効果、③連続した線状構造物に沿う地下水流れの発生等が考えられる。遮水による地下水変化は地下空間の幾何学的形態、地質条件、地下構造物と地層の規模、位置関係等に関係するが、扱う領域が広域で場合によっては多種多様な地下構造物が複数存在することになるので、実用上は巨視的に各構造物を遮水壁におきかえ、単純化した3次元の検討も必要となる。もちろん、各地下構造物がその規模に比べて十分離れて存在し、水理学的干渉を及ぼさないと判断される場合については表-1 ②に示すように主

① 開削中の水位	開削場	(不圧)	(不圧、群井)	(被圧)	地表 難透水層
	立坑	(不圧)	(被圧)		
② 完成後の遮水	全断面	(不圧) 遮水壁	(被圧)		
	部分	(不圧)	(被圧)		
③ トンネル位低下による漏水	(帯水層が厚い場合)		(トンネルに沿う流れがある場合)		
	(難透水層が近い場合)				
④ 3次元阻害的な流れ	(拠点的地下空間周辺の流れ) (地下水面変動、平面図) → (流れ方向) 地下水の せき止り 地下空間 地下水の底				

要構造物のみに着目した2次元的扱いも可能であり、数値解析によらずとも解析解によっておよその水理学的影響を知ることでもできる。ただし、地下街等の掘点的地下空間の周辺については、表-1④に示す様に3次元効果を考えた扱いが必要であり、しかもこのような空間はその多くが人間の主要な活動空間となることから地盤中の地下水環境への影響もさることながら、空間内部の水分制御にも大きく影響を及ぼすことが考えられ、空間周辺の地下水流れについてより精密な3次元の評価が必要となろう。

表-1③はトンネル等の線上構造からなる空間内への地下水の漏水の影響を示したものであるが、実際には都市部のトンネル施工は密閉型のシールド工法が主体となると予想され、シールド材やトンネル外周部への注入材の改良、開発等によりトンネル内への漏水が極力おさえられれば、この影響は比較的軽微なものであると考えられる。ただし、トンネルの施工による周辺地盤の乱れ等によりトンネル周囲にトンネル線形に沿って連続した透水性のよいゾーンが形成されたり、あるいはトンネルが難透水層を貫通することにより被圧水層と不圧水層を連結するような場合には地下水変状に与える影響は大きいと考えられる。いずれにしてもこのような空間への漏水による地下水環境への影響範囲は非常に広域に及ぶことから、万全な遮水、防水技術の開発が重要であることはいうまでもない。

以上のように、地下空間の建設に伴う地下水環境の変化は空間の掘削時や完成後においてさまざまな形態で現われることが予想されるが、水理解析法そのものは従来の手法の延長線上で対処できるものと判断されるから、むしろ地形、地質のモデル化、パラメータの推定、水理境界条件の設定といった実務との対応を調べ、適切な評価法の確立に今後の努力を傾注することが肝要である。

3. 地下空間内の水分環境の制御

地下街、地下駅、地下駐車場あるいは地下工場といった空間は常時あるいは長時間にわたって多数の人間が活動する場であり、施設によって要求される快適度の差はあっても適切な空調環境になければならない。また、ハイテク技術関連の特殊な地下工場や、倉庫としての地下空間においては、要求される生産環境、保管・貯蔵環境を常時維持しつづければならない。このような空調環境の維持には、膨大なエネルギーと機械設備が必要となり、最適な機械設備の計画・設計が重要かつ地下利用の経済効果を大きく左右することにもなりかねない。このためには、地盤中の地下水環境、構造躯体、内部空間を連成させた領域で地下水の移動、液相・気相の相変化、熱移動等の相互作用を考慮した予測手法の研究が今後必要不可欠となるものと思われる。閉空間内部における水に関係する環境制御因子は、湧水、湿度、温度、結露が主要因子であるが、これらは空間内部の気圧、温度及び換気条件により支配され概念的には図-1に示す問題を解くこととなる。ただし、この問題をまともに解くことはスーパーコンピュータをもってしても膨大な計算時間を要し、実用的でなくなる恐れが十分ある。したがって、現実的には組立てられた基本式中の各変数（状態量）相互の関連度合の強弱による連成の要・不要、独立変数として扱う必要性を十分見定め、空調機械設備の計画・設計上必要な精度の範囲内で出来るだけ単純化した解析手法とソフトウェアの開発を手がけてゆくことになるものと思われる。

4. あとがき

都市地下空間利用における地下水環境への影響と保全について主に地盤水理学的立場より論じた。従来この種の考察が地下空間利用といった立場から十分検討されてきたとは言いがたく、それだけに本論が系統立った議論となったかどうか不安は残るが、ある程度技術的論点を示すことができたと思う。

〔参考文献〕 佐藤邦明、西淳二：都市地下空間開発における地下水環境保全・管理手法の研究、第33回水理講演会論文集、1989年2月、PP.229～234

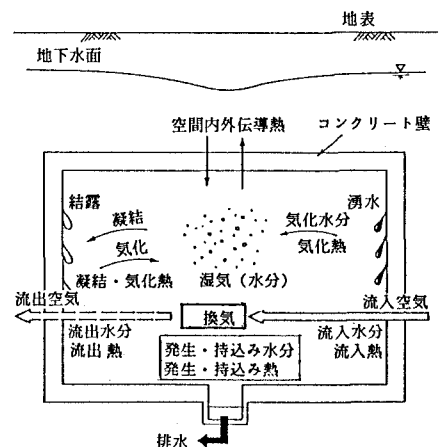


図-1 地下空間内の水、熱及び換気